

501P1095



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-217508

出 願 人

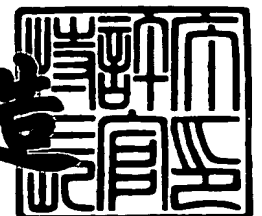
Applicant(s):

ソニー株式会社

2001年 5月18日

特 許 庁 長 官  
Commissi ner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3042473

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000407902

【提出日】 平成12年 7月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 土居 正人

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 奥山 浩之

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 琵琶 剛志

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 大畑 豊治

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

    【代表者】 出井 伸之

【代理人】

    【識別番号】 100110434

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 佐藤 勝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 076186

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 選択成長により形成され成長基板の基板主面に対して傾斜してなる傾斜結晶面を有する結晶成長層と、前記結晶成長層に形成され所要の電流が注入されて光を発生させる活性層とを有し、前記活性層から素子外に出力される光の一部は前記傾斜結晶面にほぼ平行に延在された反射面で反射したものであることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記活性層はウルツ鉱型の結晶構造を有する化合物半導体からなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記活性層は前記傾斜結晶面にほぼ平行に延在されてなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記活性層はS面またはS面に等価な面にほぼ平行に延在されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記傾斜結晶面に平行に延在された反射面は  $180^\circ$  よりも小さな角度で対向する少なくとも2面以上の反射面を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記活性層は窒化物半導体からなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記活性層は窒化物ガリウム系半導体からなることを特徴とする請求項 6 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記活性層はInを含むことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記活性層は各素子毎に分離されていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 前記選択成長は前記成長基板上に形成された下地成長層から行われることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 11】 成長基板上に選択成長によって該成長基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する結晶成長層を形成し、

前記結晶成長層の前記傾斜結晶面に平行に延在される活性層及び反射面を形成することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】

本発明は選択成長により、第1導電層、活性層及び第2導電層からなる発光領域を形成する半導体発光素子に関し、特に窒化物半導体を用い選択成長によって素子を構成する半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、各研究機関や企業において、ディスプレイ用途などを目的とした三原色のLED (Light Emitting Diode) の研究開発や生産が活発に進められている。この中でも例えばプロジェクション型ディスプレイ光源用途など大型ディスプレイ用光源として、LED素子を応用することが考えられており、LED素子の高輝度化、高信頼性、および低価格化を図ることは重要な開発項目となっている。

【0003】

LED素子の高輝度化に支配的な因子は活性層の結晶性などに依存した内部量子効率と、光に変換されてから素子外部に発光する割合である光取り出し効率の2つである。ここで、従来の発光ダイオードの典型的な発光領域の要部構造を図21に示す。例えばInGaNなどにより形成された活性層100を挟んで第1導電層101と第2導電層102が積層するように形成され、第2導電層102の活性層100と反対側には電極としても機能する反射膜103が形成され、反射膜103と第2導電層102の界面が反射面104とされている。活性層100で発生した光の一部は直接第1導電層101の光取り出し窓105から射出するが、第2導電層102側に出た光の一部は反射面104で反射して、第1導電層101の光取り出し窓105側へ向かう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述の如き通常の発光ダイオードの構造では活性層100が効率よ

く発光したとしても、素子と外部、素子と透明基板、あるいは透明基板と外部の界面において光が全反射することで光が外に取り出せないという問題が生じている。すなわち、界面を形成する2つの材料層の屈折率に依存して、その界面における臨界角が決まり、臨界角よりも小さな角度で界面に入射した光は当該界面で全反射してしまう。面発光する発光ダイオードにおいて、前述の図21のように反射面104が光取り出し窓105と平行した面同士の構成をとる場合には、臨界角より小さな入射角で全反射した光は、反射面104が光取り出し窓105の間で全反射を続けることになり、有効な出力として取り出すことができない。

#### 【0005】

光取り出し効率を改善するために、素子に光路を変換できるような凸部または斜面を形成して反射面とし、光を効率よく外部に取り出すことも考えられる。ただし、青あるいは緑色LEDの材料として用いられているGaN系半導体の加工はかなり困難であり、高度な形状を微細な領域に形成することができないのが現状である。

#### 【0006】

そこで本発明は、上述に技術的な課題に鑑み、光を効率よく外部に取り出すための形状を微細な領域に良好な結晶性を以って形成可能とし、光取り出し効率を改善して輝度の高い半導体発光素子やその半導体発光素子の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の半導体発光素子は、選択成長により形成され成長基板の基板主面に対して傾斜してなる傾斜結晶面を有する結晶成長層と、前記結晶成長層に形成され所要の電流が注入されて光を発生させる活性層とを有し、前記活性層から素子外に出力される光の一部は前記傾斜結晶面にほぼ平行に延在された反射面で反射したものであることを特徴とする。

#### 【0008】

また、本発明の半導体発光素子の製造方法は、成長基板上に選択成長によって該成長基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する結晶成長層を形成し、そ

の前記傾斜結晶面にほぼ平行に延在される活性層及び反射面を形成することを特徴とする。

#### 【0009】

活性層で発生した光は、成長基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶層にほぼ平行に延在された反射面で反射する。反射面は傾斜結晶層にほぼ平行であることから、成長基板の主面に対して傾斜しており、成長基板の主面にほぼ平行な面を光取り出し窓とすることで、一度光取り出し部分で全反射した場合でも傾斜結晶層を進むうちに反射面で反射し、光路が変換されて光をより外部に取り出し易くする。選択成長を利用することで、成長基板に対して傾斜した傾斜結晶層は自己形成的に形成され、特にエッチングなどの微細加工は不要である。

#### 【0010】

#### 【発明の実施の形態】

以下において、本発明の半導体発光素子とその製造方法について詳細に説明する。

#### 【0011】

本発明の半導体発光素子は、選択成長により形成され成長基板の基板主面に対して傾斜してなる傾斜結晶面を有する結晶成長層と、前記結晶成長層に形成され所要の電流が注入されて光を発生させる活性層とを有し、前記活性層から素子外に出力される光の一部は前記傾斜結晶面にほぼ平行に延在された反射面で反射したものであることを特徴とする。

#### 【0012】

本発明の半導体発光素子に用いられる成長基板は、良好な結晶性を有する活性層を形成可能な基板であれば特に限定されず、種々のものを使用できる。例示すると、成長基板として用いることができるのは、サファイア（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、A面、R面、C面を含む。） $\text{SiC}$ （6H、4H、3Cを含む。） $\text{GaN}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{LiMgO}$ 、 $\text{GaAs}$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{InAlGaN}$ などからなる基板であり、好ましくはこれらの材料からなる六方晶系基板または立方晶系基板であり、より好ましくは六方晶系基板である。例えば、サファイア基板を用いる場合は、窒化ガリウム（ $\text{GaN}$ ）系化合物半導体の材料を成長

させる場合に多く利用されているC面を主面としたサファイヤ基板を用いることができる。この場合の基板主面としてのC面は、5乃至6度の範囲で傾いた面方位を含むものである。成長基板自体は製品としての発光素子には含まれない構造も可能であり、製造の途中で素子部分を保持させるために使用され、完成前に取り外しされる構造であっても良い。成長基板として透明基板その他の光透過性の高い基板を使用することで、基板の活性層の形成側とは反対側の面から光を取り出すことができる。

#### 【0013】

この成長基板上に形成される結晶成長層は選択成長によって形成されるものであり、成長基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する。結晶成長層は、第1導電型層、活性層、及び第2導電型層からなる発光領域を形成可能な材料層であれば良く、特に限定されるものではないが、その中でもウルツ鉱型の結晶構造を有することが好ましい。このような結晶層としては、例えばIII族系化合物半導体やBeMgZnCdS系化合物半導体、BeMgZnCdO系化合物半導体を用いることができ、更には窒化ガリウム(GaN)系化合物半導体、窒化アルミニウム(AlN)系化合物半導体、窒化インジウム(InN)系化合物半導体、窒化インジウムガリウム(InGaN)系化合物半導体、窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)系化合物半導体を好ましくは形成することができ、特に窒化ガリウム系化合物半導体などの窒化物半導体が好ましい。なお、本発明において、InGaN、AlGaN、GaNなどは必ずしも、3元混晶のみ、2元混晶のみの窒化物半導体を指すのではなく、例えばInGaNでは、InGaNの作用を変化させない範囲での微量のAl、その他の不純物を含んでいても本発明の範囲であることはいうまでもない。なお、本明細書において、窒化物とはIII族にB、Al、Ga、In、Taの中のいずれかひとつを用い、V族には主にNを用いることを特徴とするものである。しかしながら、本明細書において、微量のAs、Pを用いてバンドギャップを低減した材料であっても窒化物に含まれる。また、ウルツ鉱型AlN、InN結晶も窒化物半導体に含まれる。

#### 【0014】



この結晶層の選択成長方法としては、種々の気相成長法を挙げることができ、例えば有機金属化合物気相成長法（MOCVD（MOVPE）法）や分子線エピタキシー法（MBE法）などの気相成長法や、ハイドライド気相成長法（HVPE法）などを用いることができる。その中でもMOVPE法によると、迅速に結晶性の良いものが得られる。MOVPE法では、GaソースとしてTMG（トリメチルガリウム）、TEG（トリエチルガリウム）、AlソースとしてはTMA（トリメチルアルミニウム）、TEA（トリエチルアルミニウム）、Inソースとしては、TMI（トリメチルインジウム）、TEI（トリエチルインジウム）などのアルキル金属化合物が多く使用され、窒素源としてはアンモニア、ヒドラジンなどのガスが使用される。また、不純物ソースとしてはSiであればシランガス、Geであればゲルマンガス、MgであればCp<sub>2</sub>Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）、ZnであればDEZ（ジエチルジンク）などのガスが使用される。MOVPE法では、これらのガスを例えば600°C以上に加熱された基板の表面に供給して、ガスを分解することにより、InAlGa<sub>N</sub>系化合物半導体をエピタキシャル成長させることができる。

## 【0015】

結晶成長層を形成する前に、バッファ層を基板上に形成することができるが、窒化物半導体と格子定数の近い基板、格子定数が一致した基板を用いる場合にはバッファ層が形成されない場合もある。

## 【0016】

そして、本発明においては、結晶成長層を形成するのに選択成長法を用いることができ、結晶成長層を選択成長によって形成する場合、容易に結晶成長層は基板主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有した構造を呈する。成長基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面は、その基板主面の選択にも依存するが、ウルツ鉱型の（0001）面[C面]を基板主面とした場合では、（1-100）面[M面]、（1-101）面[S面]、（11-20）面[A面]、（1-102）面[R面]、（1-123）面[N面]、（11-22）面およびこれらに等価な結晶面のうちから選ばれた傾斜結晶面を挙げることができ、特にS面や（11-22）面およびこれらに等価な結晶面で用いることが好ましい。これらに等価な結晶面とは前

述のように、5乃至6度の範囲で傾いた面方位を含むものである。特にS面はC+面の上に選択成長した際に見られる安定面であり、比較的得やすい面であって六方晶系の面指数では(1-101)面である。S面についてS+面とS-面が考えられるが、本明細書では単にS面として場合はS+面について言及しているものとする。同様に、C面についてもC+面とC-面があるが、基板主面として多く利用される面はC+面であり、そのC+面の面指数は(0001)面である。本明細書では単にC面として場合はC+面について言及しているものとする。S面については、前述のように窒化ガリウム系化合物半導体で結晶層を構成した場合には、S面上、GaからNへのボンド数が2または3とC-面の次に多くなる。ここでC-面はC+面の上には事実上得ることができないので、S面でのボンド数は最も多いものとなる。従って、実効的にV/III比が上昇することになり、積層構造の結晶性の向上に有利である。また、基板と異なる方位に成長すると基板から上に伸びた転位が曲がることもあり、欠陥の低減にも有利となる。

## 【0017】

本発明の半導体発光素子においては、選択成長により結晶成長層は基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有するが、特に、傾斜結晶層はS面または該S面に実質的に等価な面が略六角錐形状の斜面をそれぞれ構成する構造であっても良く、或いは、S面または該S面に実質的に等価な面が略六角錐台形状の斜面をそれぞれ構成する共にC面または該C面に実質的に等価な面が前記略六角錐台形状の上平面部を構成する構造、所謂略六角錐台形状であっても良い。またこれらの略六角台形状や、略六角錐形状が帯状に形成されたものであっても良い。また、四角台形、長方台形状などの形状であっても良い。これら略六角錐形状や略六角錐台形状は、正確に六角錐であることを必要とせず、その中の幾つかの面が消失したようなものも含む。また、結晶層の結晶面間の稜線は必ずしも直線でなくとも良い。また、略六角錐形状や略六角台形状は直線状に延在された形状であっても良い。

## 【0018】

具体的な選択成長法としては、そのような選択成長は下地成長層の一部を選択的に除去することを利用して行われたり、あるいは、選択的に前記下地成長層上

にまたは前記下地成長層形成前に形成されたマスク層の開口された部分や窓領域を利用して行われる。例えば、前記下地成長層がバッファ層と結晶種層とからなる場合、バッファ層上の結晶種層を点在する  $10\ \mu\text{m}$  径程度の小領域に細分化し、それぞれの部分からの結晶成長によって S 面等を有する結晶成長層を形成することが可能である。例えば、細分化された結晶種層は、発光素子として分離するためのマージンを見込んで離間するように配列することができ、個々の小領域としては、円形状、正形状、六角形状、三角形状、矩形状、菱形状、帯状、格子状およびこれらの変形状などの形状にすることができる。下地成長層の上にマスク層を形成し、そのマスク層を選択的に開口して窓領域を形成することでも、選択成長が可能である。マスク層は例えば酸化シリコン層或いは窒化シリコン層によって構成することができる。窓領域はマスク層に形成される開口部であり、円形状、正形状、六角形状、三角形状、矩形状、菱形状、帯状、格子状、楕円形状およびこれらの変形状などの種類の形状にすることができる。前述のような略六角台形状や略六角錐形状が直線状に延在された形状である場合、一方向を長手方向とするような角錐台や角錐形状はマスク層の窓領域を帯状にしたり、結晶種層を帯状にすることで可能である。また、基板が SiC や Si などからなる場合には、下地成長層を形成しなくとも良い。

#### 【0019】

選択成長を用いマスク層の窓領域を  $10\ \mu\text{m}$  程度の円形（或いは辺が  $1-100$  方向の六角形、または辺が  $11-20$  方向の六角形など）にすることでその約 2 倍程度の選択成長領域まで簡単に作製できる。また S 面が基板と異なる方向であれば転位を曲げる効果、および転位を遮蔽する効果があるために、転位密度の低減にも役立つ。

#### 【0020】

本発明の半導体発光素子においては、活性層は例えば第 1 導電層と第 2 導電層に挟まれた構造とされ、活性層は一例として成長基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面にほぼ平行な面内に延在されるが、活性層を傾斜結晶面に平行な面内に形成しない構造であっても良い。活性層を傾斜結晶面にほぼ平行な面内に形成しない構造の一例としては、基板の主面と平行な面に活性層が形成される。活性層

は結晶成長層に形成されるが、結晶成長層に形成されるとは、結晶成長層に対して半導体層を積層する場合と、結晶成長層の内部や表面の形成する場合の両方を含む。

#### 【0021】

第1導電型はp型又はn型のクラッド層であり、第2導電型はその反対の導電型である。例えばS面を構成する結晶層をシリコンドープの窒化ガリウム系化合物半導体層によって構成した場合は、n型クラッド層をシリコンドープの窒化ガリウム系化合物半導体層によって構成し、その上にInGa<sub>N</sub>層を活性層として形成し、さらにその上にp型クラッド層としてマグネシウムドープの窒化ガリウム系化合物半導体層を形成してダブルヘテロ構造をとることができる。活性層であるInGa<sub>N</sub>層をAlGa<sub>N</sub>層で挟む構造とすることも可能である。また、活性層は単一のバルク活性層で構成することも可能であるが、単一量子井戸（SQW）構造、二重量子井戸（DQW）構造、多重量子井戸（MQW）構造などの量子井戸構造を形成したものであっても良い。量子井戸構造には必要に応じて量子井戸の分離のために障壁層が併用される。活性層をInGa<sub>N</sub>層とした場合には、特に製造工程上も製造し易い構造となり、素子の発光特性を良くすることができる。さらにこのInGa<sub>N</sub>層は、窒素原子の脱離しにくい構造であるS面上での成長では特に結晶化しやすくしかも結晶性も良くなり、発光効率を上げることが出来る。なお、窒化物半導体はノンドープでも結晶中にできる窒素空孔のためにn型となる性質があるが、通常Si、Ge、Seなどのドナー不純物を結晶成長中にドープすることで、キャリア濃度の好ましいn型とすることができる。また、窒化物半導体をp型とするには、結晶中にMg、Zn、C、Be、Ca、Baなどのアクセプター不純物をドープすることによって得られる。

#### 【0022】

一例として活性層は成長基板の主面に対して傾斜した結晶成長層に形成されるが、このような成長基板の主面と平行でない面内への活性層の延在は傾斜した結晶面が形成されているところで続けて結晶成長させれば容易に行うことができる。結晶成長層が略六角錐形状や略六角台形状となり、各傾斜した結晶成長層の表面がS面等とされる場合は、第1導電型層、活性層、及び第2導電型層からな

る発光領域を全部又は一部のS面上に形成することができる。

【 0 0 2 3 】

略六角錐台形状の場合には、基板主面に平行な上面上、例えばC面上にも第1導電型層、活性層、及び第2導電型層を形成できる。傾斜したS面を利用して発光させることで、平行平板では多重反射により光が減衰していくが、傾いた面があると光は多重反射の影響を免れて半導体の外にでることができるという利点がある。第1導電型層すなわちクラッド層はS面を構成する結晶層と同じ材料で同じ導電型とすることができ、S面を構成する結晶層を形成した後、連続的に濃度を調整しながら形成することもでき、また他の例として、S面の構成する結晶層の一部が第1導電型層として機能する構造であっても良い。

【 0 0 2 4 】

特に本発明の半導体発光素子では、傾斜した傾斜結晶面の結晶性の良さを利用して、発光効率を高めることができる。特に、結晶性が良いS面にのみ電流を注入すると、S面は $I_n$ の取り込みもよく結晶性も良いので発光効率を高くすることができる。また、活性層の実質的なS面に平行な面内に延在する面積は該活性層を基板又は前記下地成長層の主面に投影した場合の面積より大きいものとすることができる。このように活性層の面積を大きなものとすることで、素子の発光する面積が大きくなり、それだけで電流密度を低減することが出来る。特に、窒化ガリウム系では電流密度が大きくなければ輝度が低下する。そこで活性層の面積を大きくとることで、同じ輝度を得るために必要な単位面積当りの電流注入密度を下げることができ、輝度飽和の低減に役立ち、且つ活性層に同じ負荷をかけるのであれば輝度を上げることが出来る。

【 0 0 2 5 】

本発明の半導体発光素子における反射面は、その構造として特に限定されるものではないが、活性層で発生した光を実質的に全反射または多少の光透過があっても有効な反射が可能な面であれば良い。この反射面はその少なくとも一部が傾斜結晶面にほぼ平行に延在される。反射面が傾斜結晶面にほぼ平行とは、実質的に平行である場合と完全の平行な面からすこしの傾きを有して延在している場合の両方を含む。反射面は単一の面とすることも可能であるが、それぞれ活性層で

発生した光を反射する機能を有する傾斜結晶面に平行に延在される2面以上の面であっても良く、傾斜結晶面の法線方向で重複した構造であっても良い。本発明の半導体発光素子では結晶面自体を反射面とすることが可能であり、反射面に結晶面を用いれば、散乱成分が小さくなるため、より効率良く光が取り出される。また、結晶面を反射面とする場合には、活性層などの各半導体層を形成した後、電極として金属膜を形成する構造にできるため、その電極が反射膜を構成する構造にすることができる。活性層上に形成された電極が反射膜として用いられる場合、活性層などを傾斜結晶層に積層する形で形成すれば、電極も結晶成長層の形状に自己形成的に形成でき、エッチングなどの加工は反射膜の形成については不要となる。

## 【 0 0 2 6 】

前記傾斜結晶面に平行に延在された反射面は、その一例として $180^\circ$ よりも小さな角度で対向する少なくとも2面以上の反射面を有する構造とすることができる。これら $180^\circ$ よりも小さな角度で対向する少なくとも2面以上の反射面は直接対向する2面以上の面であっても良く、間に他の角度で配される反射面や結晶面を挟んで対向する面であっても良い。例えばS面を側面とする六角錐構造の結晶成長層を形成する素子では、六角錐の頂点で約 $60^\circ$ 前後の角度で対向することになる。

## 【 0 0 2 7 】

結晶成長層もしくは第1導電層と第2導電層には、それぞれ電極が形成される。接触抵抗を下げるために、コンタクト層を形成し、その後で電極をコンタクト層上に形成しても良い。これらの電極を蒸着法により形成する場合、p電極、n電極が結晶層とマスクの下に形成された結晶種層との双方についてしまうと短絡してしまうことがあり、それぞれ精度よく蒸着することが必要となる。本発明の基本構造を発光ダイオードとするには第1、第2導電層にそれぞれ電極を形成すれば良く、どちらの構造に対しても、光を取り出す方向は必要に応じて表裏どちらでも可能である。すなわち、透明基板であればどちらの構造であっても基板の裏側から光を取り出すことができ、透明電極を用いればどちらの構造でも表側から光を取り出すことができる。

## 【 0 0 2 8 】

本発明の半導体発光素子の要旨の1つは、出力として取り出される光の一部は選択成長によって形成された傾斜結晶面と平行に延在された反射面で反射したものである点であり、反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成されることから、自己形成的に特にエッチングなどの工程を追加しなくとも得ることができる。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の半導体発光素子の要旨のさらに他の1つは、選択成長を利用し、活性層を成長基板に対して傾斜した平面上にも形成する場合には、活性層の面積を大きくできるという点である。素子サイズが限定されている場合、素子内での活性層の有効面積が大きいほうが、同じ輝度を得るために必要な単位面積あたりの電流注入密度を小さくすることができる。したがって、有効面積が大きい構造の方が、同じ輝度を得るには信頼性が向上し、活性層に同じ負荷をかけるのであれば輝度を向上できる。特に活性層の総面積と選択成長領域の成長基板に占める面積との差が、少なくとも片側の電極とのコンタクトに必要な面積より大きくなれば、コンタクト領域によって制限された活性層領域分が補償されることになる。したがって、本発明の半導体発光素子を用いて、活性層を傾斜結晶面に形成することで、該発光素子の素子サイズを必要なだけ小さくしても、構造上の負担すなわち電流が集中してしまうような事態が軽減されることになる。

## 【 0 0 3 0 】

なお、本発明の半導体発光素子は複数個を並べて画像表示装置や照明装置を構成することが可能である。各素子を3原色分揃え、走査可能に配列することで、S面を利用して電極面積を抑えることができるため、少ない面積でディスプレイとして利用できる。

## 【 0 0 3 1 】

以下、本発明を各実施例を参照しながら更に詳細に説明する。なお、本発明の半導体発光素子は、その要旨を逸脱しない範囲で変形、変更などが可能であり、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

## 【 0 0 3 2 】

## 実施例 1

本実施例の半導体発光素子は、例えばC(0001)面サファイア基板の如き成長基板 1 上にn型GaN層からなる下地成長層 2 をMOCVD(MOVPE)法などにより結晶成長する。

## 【 0 0 3 3 】

下地成長層 2 の形成後、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、あるいはタンゲステン膜などからなる成長阻害膜としてのマスク層 3 を形成する。このマスク層 3 には六角形状の開口部である窓領域 4 が形成され、その窓領域 4 から選択成長によって形成された断面三角形状の結晶成長層 5 が形成されている。この結晶成長層 5 は例えばn型GaN層やAlGaN層からなり、その断面は略正三角形状となるが、上から見た場合には六角形であり、全体としては六角錐の形状を有する。

## 【 0 0 3 4 】

結晶成長層 5 の基板主面に対して傾斜した結晶表面はS面またはS面と等価な面を有しており、結晶成長層 5 の最外部の濃度などを調整して形成されたn型クラッド層の上に活性層 6 及びp型クラッド層として機能する第2導電層 7 が積層されている。これら活性層 6 及びp型クラッド層として機能する第2導電層 7 は結晶成長層 5 のS面を被覆するように形成されており、活性層 6 は選択成長により形成された結晶成長層 5 のS面に沿って成長基板 1 の主面に平行でなく延在されている。第2導電層 7 は例えばp型GaN層やAlGaN層からなる。活性層 6 上にはいわゆるAlGaNキャップ層を形成しても良い。本実施例においては、第2導電層 7 の表面が次に形成する第2電極との界面となり、この界面が活性層 6 で発生した光の反射面 10 とされる。

## 【 0 0 3 5 】

第2導電層 7 上には、図1においてその図示を省略しているが、p電極として機能する第2電極が例えばNi/Pt/Auなどの多層金属膜によって構成され、n電極として機能する第1電極が例えばTi/Al/Pt/Auなどの多層金属膜によってマスク層を開口した部分に形成される。第1電極および第2電極は例



えば蒸着やリフトオフなどの手法を用いて形成される。

【 0 0 3 6 】

本実施例の半導体発光素子は、出力として取り出される光の一部は選択成長によって形成された傾斜結晶面と平行に延在された反射面 1 0 で反射したものであり、反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面 1 0 の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成されることから、自己形成的に特にエッチングなどの工程を追加しなくとも得ることができる。

【 0 0 3 7 】

図 2 は半導体発光素子の要部を示す断面図である。この図においては、成長基板 1 を裏面からのエキシマレーザーの照射などによって取り外した構造となっており、下地成長層 2 の底面が光取り出し窓 8 として機能する。なお、下地成長層 2 はシリコンなどがドーピングされた GaN 層であり、図示を省略しているが n 電極に接続される。図 2 に示すように、活性層 6 から第 2 導電層 7 側に出力された光は反射面 1 0 で反射し、光取り出し窓 8 から射出する。また、活性層 6 から光取り出し窓 8 に対して射出し、光取り出し窓 8 の面で全反射した場合でも、反対側の反射面 1 0 で反射した時点で光路が入射角に対する反射角の関係で変換され、再度光取り出し窓 8 に入射した際に臨界角を超えていなければ光取り出し窓 8 から射出する。

【 0 0 3 8 】

これについて詳述すると、素子内部の屈折率は外部の屈折率より大きいため、界面に対して浅い角度の光は全反射する。ここで全反射条件は次式のとおりである。

【 0 0 3 9 】

$$\phi c = \sin^{-1}(n_1/n_2)$$

【 0 0 4 0 】

(ただし、 $\phi c$  は界面への入射の臨界角、 $n_1$ 、 $n_2$  は外部、内部の屈折率であり、 $n_1=1$ 、 $n_2=2.4$  において  $\phi c=24.6^\circ$  である。)

【 0 0 4 1 】

活性層で発生した光は従来構造（図21参照）においては、光取り出し窓領域において一度全反射によって出なかった光は全反射しつづけるため、二度と外部に取り出せないが、本実施例では斜め反射面10をもつために一度全反射した光のうち、次に別の角度を持った反射面に当たったときに光路が変換されて別の方向に反射する。そのため光取り出し窓8の領域で全反射条件ではなくなる場合が発生するので光が外部に取り出される。したがってその分の取り出し効率が向上し、輝度が大きくなる。このように本実施例の半導体発光素子においては、確実に光取り出し効率が改善され、素子の高輝度化をすすめることができる。

## 【0042】

図3乃至図7は反射面の効果についてシミュレーションしたものを示す図であり、図3は計算の元になる結晶成長層のモデルを示す斜視図であり、図4は角度依存性を計算するためのモデルを示す図であり、図5は光取り出し効率の角度依存性を示す図であり、図6は高さ依存性を計算するためのモデルを示す図であり、図7は光取り出し効率の高さ依存性を示す図である。

## 【0043】

このシミュレーションにおいては、図3に示すように、頂点部分には平坦なC面からなる面が形成され、簡単のため結晶成長層に形成される活性層を成長基板に対して平行に延在されるものとしているが、光取り出し効率に対して本質的な違いはない。まず、図4に示すように、角度依存性として、基板を屈折率 $n = 1.65$ のサファイヤ基板とし、活性層が基板上 $5\mu\text{m}$ の高さに $20\mu\text{m}$ 幅で存在し、結晶成長層は屈折率 $n = 2.4$ 、反射面の反射率70%で高さ $10\mu\text{m}$ と設定し、ここで反射面が形成される角度について計算を行った。すると、結果は図5に示すようになっており、角度が50乃至90度の範囲においては、50度に近い側の角度でより光取り出し効率が改善されていることがわかる。

## 【0044】

また、図6に示すように、高さ依存性として、基板を屈折率 $n = 1.65$ のサファイヤ基板とし、活性層が高さ $d/2$ の位置で基板 $20\mu\text{m}$ 幅で存在し、結晶成長層は屈折率 $n = 2.4$ 、反射面の反射率70%と設定し、ここで反射面(S面)が形成される角度は62度と設定して計算を行った。すると、結果は図7に示

すようになり、高さ  $d$  が高くなるほどより光取り出し効率が改善されていることがわかる。すなわち、これら図 5 と図 7 に示すシミュレーションの結果から側面の角度  $\theta$  を小さくすると光取り出し効率が改善し、素子の幅に対する高さ  $d$  が大きい（アスペクト比が大きい）ほど光取り出し効率改善する傾向にあることがわかる。これは言い換えると、小さいサイズであれば成長時間が少なくて済み、半導体発光素子の素子サイズが小さいほど効果的である。

#### 【 0 0 4 5 】

本実施例の半導体発光素子は、出力として取り出される光の一部は傾斜結晶面と平行に延在された反射面 10 で反射したものであり、その反射面 10 での反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面 10 の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成されることから、自己形成的に特にエッチングなどの工程を追加しなくとも得ることができる。

#### 【 0 0 4 6 】

図 1 の素子構造の半導体発光素子では、活性層の面積拡大による効果に加えて、基板主面に対して傾斜した S 面を利用することから、その窒素原子からガリウム原子へのボンドの数が増大することになり、実効的な  $V/I$  比を高くすることが可能であり、形成される半導体発光素子の高性能化を図ることができる。また、基板から上に延びた転位が曲がることがあり、欠陥を低減することも可能となる。さらに、基板の主面に対して傾斜した傾斜結晶面を用いることで、多重反射を防止することもでき、発生した光を効率良く素子外部に導くことができる。また、活性層 6 が島状に分離している構造をとるため、活性層 6 をエッチングすることの必要がなくなる。したがって活性層に対して余計なダメージがなくなる。また、電極によって活性層 6 の有効面積が小さくなることもないという利点も得られる。

#### 【 0 0 4 7 】

#### 実施例 2

本実施例は、ストライプ状の結晶成長層 24 を成長基板 20 上に形成する例であり、図 8 に示すように、成長基板 20 上形成された下地成長層 21 上のマスク

層 22 の窓領域からストライプ状の結晶成長層 24 が形成されている。ストライプ状の結晶成長層 24 はその側面 26 が S 面とされ、傾斜した側面 26 にも活性層 25 が延在されている。当該半導体発光素子から取り出される光は S 面と平行に延在された反射面で反射することになり、その反射面での反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができ、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成される。また、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

## 【0048】

## 実施例 3

本実施例は、長方台形状の結晶成長層 34 を成長基板 30 上に形成する例であり、図 9 に示すように、成長基板 30 上形成された下地成長層 31 上のマスク層 32 の窓領域からストライプ状で且つ長方台形状の結晶成長層 34 が形成されている。長方台形状の結晶成長層 34 はその側面 33 S が S 面とされ、長手方向の端部の面 34 は (11-22) 面とされる。結晶成長層 34 の上面 33 C は基板主面と同じ C 面とされる。活性層は図示を省略しているが、傾斜した側面 33 S、面 34、上面 33 C にも延在され、当該半導体発光素子から取り出される光は S 面と平行に延在された反射面で反射することになる。本実施例においては、半導体発光素子の反射面での反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができ、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成される。また、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

## 【0049】

## 実施例 4

本実施例は、図 10 に示すように、四角台形状の結晶成長層 44 を成長基板 40 上に形成する例であり、成長基板 40 上形成された下地成長層 41 上のマスク層 42 の窓領域からマトリクス状に配列されたパターンで四角錐台形状の結晶成長層 43 が形成されている。四角錐台形状の結晶成長層 43 はその傾斜した一側面 43 S が S 面とされ、他の傾斜した一側面 44 は (11-22) 面とされる。

結晶成長層 4 3 の上面 4 3 C は基板主面と同じ C 面とされる。活性層は図示を省略しているが、傾斜した側面 4 3 S、面 4 4、上面 4 3 C にも延在され、当該半導体発光素子から取り出される光は S 面と平行に延在された反射面で反射することになり、その反射面での反射によって光取り出し効率が向上する。従って、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができ、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成される。また、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

## 【 0 0 5 0 】

## 実施例 5

本実施例は、図 1 1 に示すように、六角錐形状の結晶成長層 5 3 を成長基板 5 0 上に形成する例であり、成長基板 5 0 上形成された下地成長層 5 1 上のマスク層 5 2 の窓領域からマトリクス状に配列されたパターンで六角錐形状の結晶成長層 5 3 が形成されている。六角錐形状の結晶成長層 5 3 はその傾斜した各側面が S 面とされ、活性層は図示を省略しているが、その断面は図 2 のようになり、傾斜した各 S 面に沿って延在され、当該半導体発光素子から取り出される光は S 面と平行に延在された反射面で反射することになり、その反射面での反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成される。また、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

## 【 0 0 5 1 】

## 実施例 6

本実施例は、図 1 2 に示すように、六角錐台形状の結晶成長層 6 3 を成長基板 6 0 上に形成する例であり、成長基板 6 0 上形成された下地成長層 6 1 上のマスク層 6 2 の窓領域からマトリクス状に配列されたパターンで六角錐台形状の結晶成長層 6 3 が形成されている。六角錐台形状の結晶成長層 6 3 はその傾斜した各側面 6 3 S が S 面とされ、上面 6 3 C が基板主面と同じ C 面とされている。また、六角錐形状の結晶成長層 6 3 の底面側には M 面（1 - 1 0 0）面も低い高さで形成される。活性層は図示を省略しているが、その断面は図 1 のようになり、傾

斜した各S面およびC面に沿って延在され、当該半導体発光素子から取り出される光はS面と平行に延在された反射面で反射することになり、その反射面での反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成される。また、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

## 【 0 0 5 2 】

## 実施例 7

本実施例は、図 1 3 に示すように、六角錐形状の結晶成長層 6 8 と四角台形状の結晶成長層 6 9 を成長基板 6 5 上に形成する例であり、成長基板 6 5 上形成された下地成長層 6 6 上のマスク層 6 7 の窓領域からマトリクス状に配列されたパターンで四角錐台形状の結晶成長層 6 9 と六角錐形状の結晶成長層 6 8 とが交互にそれぞれの形状が一行に並ぶように形成されている。四角錐台形状の結晶成長層 6 9 はその傾斜した一側面 6 9 S が S 面とされ、他の傾斜した一側面 6 9 Z は ( 1 1 - 2 2 ) 面とされる。結晶成長層 6 9 の上面 6 9 C は基板主面と同じ C 面とされる。六角錐形状の結晶成長層 6 8 はその傾斜した各側面 6 8 S が S 面とされる。活性層は図示を省略しているが、その断面は図 1 のようになり、傾斜した各 S 面および C 面に沿って延在され、当該半導体発光素子から取り出される光は S 面と平行に延在された反射面で反射することになり、その反射面での反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成される。また、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

## 【 0 0 5 3 】

## 実施例 8

本実施例は前述の半導体発光素子を製造する方法であり、図 1 4 乃至図 1 9 を参照してその製造方法を工程順に説明する。

## 【 0 0 5 4 】

図 1 4 に示すように、サファイヤ基板などの成長基板 7 0 上に、n 型 GaN 層

71を下地成長層として例えばMOCVD法などにより形成する。このとき、n型GaN層71は最初からn型である必要はなく、最上面がn型であれば良い。一例として、シリコンをドーピングすることでn型のGaN層71を形成することができる。

## 【0055】

次に図15に示すように、CVDなどによりシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、あるいはタンゲステン膜などからなる成長阻害膜としてのマスク層72をn型のGaN層71上の全面に形成し、さらに素子を形成する領域に対応してマスク層72を除去して六角形状の窓領域73を複数形成する。

## 【0056】

続いて、図16に示すように、選択成長が行われ、窓領域73から結晶成長により結晶成長層であるn型(A1)GaN層74が形成される。このn型(A1)GaN層74はクラッド層としても機能し、略六角錐形状を呈する。傾斜した側面はS面とされる。

## 【0057】

この傾斜した側面に対してさらに活性層となるInGaN層75とp型(A1)GaN層76を図17のように積層する。活性層となるInGaN層75は結晶成長層である(A1)GaN層74のS面に沿って成長基板70の主面に平行でなく延在され、その活性層の面積Sは、窓領域73の面積や結晶成長層の写像面積よりは大きくなり、十分な広がりをもって形成される。InGaN層75上にはAlGaNキャップ層を形成しても良い。p型(A1)GaN層76の傾斜した結晶表面が反射面となる。

## 【0058】

次に図18に示すように、マスク層上に例えばpoly-GaNが成長した場合には余分な部分をエッチングで除去し、マスク層72を全部または一部除去してn側のコンタクト領域77を形成する。次いで、蒸着などによりp電極79となるNi/Pt/Auなど、n電極78となるTi/Al/Pt/Auなどをコンタクト領域77にリフトオフなどにより形成し(図19)、アロイ化することで基板上における素子が完成する。特にp電極79は反射面として機能するp型(A1)GaN層76の上に形

成されるため、p電極79自体は反射膜や光遮蔽膜としても機能することになる。

#### 【0059】

この後、素子間の分離が必要な場合、基本構造のサイズが前述のように陰に小さいことから、それぞれの分離は困難であるが、素子の基本構造を1次元あるいは2次元配列した領域をダイシングやへき開などにより分離するだけでもよい。内部の基本構造は各々独立に駆動してもしなくてもよい。また、サファイア上に結晶成長したGaN結晶は、サファイア/GaN界面をUVレーザのサファイア側からのアブレーションによりサファイア基板から剥離できるという報告（APL-75-10,1360-2,W.S.Wong etc.）もある。これを利用すればアブレーション前か後にエッチングにより一回目の成長膜（第1導電膜）を分離することで、本発明の基本構造を単一の半導体発光素子とすることができる。

#### 【0060】

このように本実施例の半導体発光素子の製造方法では、選択成長によりS面が容易に形成され、そのS面を側面とする結晶成長層に活性層や反射面を形成することで、自己形成的に反射面を形成できる。また出力として取り出される光の一部は選択成長によって形成された傾斜結晶面と平行に延在された反射面で反射したものであり、反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。

#### 【0061】

#### 実施例9

図20に実施例8の半導体発光素子の構造を示す。成長基板80上に部分的に第2成長層81が形成され、それを覆うように第1導電層81、活性層83、第2導電層89が形成される。本例ではマスク層と窓領域を有していないが、選択成長により、活性層83の面積は結晶成長層の写像面積よりも大きなサイズとなる。従って、有効に輝度飽和を緩和することができ、素子の信頼性を改善できる。

#### 【0062】

すなわち、マスク層などの成長阻害膜を用いない場合でも、エッチングなどによ



り成長基板や一度成長した結晶膜に凹凸を形成するなどの微細加工により、結晶成長することで同様の安定面を形成でき、同等の効果を得られる。

#### 【0063】

##### 他の実施例

なお、本発明においては、窓領域として六角錐を形成するには六角形開口がもっとも望ましいが、円形開口においても最終的には安定面が自己形成されるため、開口形状や境界の方向は任意でかまわない。またウルツ鉱型結晶では、(1-101)面以外にも(11-22)面や(1-100)面などの安定面があり、これらを自己形成した構造についても本発明を適用できる。

#### 【0064】

現在赤色LED材料として一般的なAlGaInP系化合物はせん亜鉛型結晶であるが、(001)基板に対して(011)面、(111)面などの安定面があり、適当な条件で成長することにより、その安定面とその上の活性層を形成することは可能である。

#### 【0065】

##### 【発明の効果】

本発明の半導体発光素子においては、出力として取り出される光の一部は選択成長によって形成された傾斜結晶面と平行に延在された反射面で反射したものである点であり、反射によって光取り出し効率が向上することから、当該半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。また、反射面の基礎となる傾斜結晶面は選択成長を利用してプロセス上容易に形成されることから、自己形成的に特にエッチングなどの工程を追加しなくとも得ることができる。また、傾斜した結晶面に平行に活性層を延在させることで、活性層の有効面積を大きくとることができ、抵抗低下、発熱低下、信頼性向上が期待でき、また、活性層への単位面積あたりの負荷を軽減できるため、高輝度化、高信頼性が期待できる。素子サイズを小さくした場合、特に有効である。また、本発明の半導体発光素子においては、活性層と同時に導電層面積や電極とのコンタクト面積を大きくすることができ、結晶層の結晶面が斜面を持つため、光取り出し効率を改善することも可能である。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の実施例 1 の半導体発光素子の構造を示す断面図である。

【図 2】

本発明の実施例 1 の半導体発光素子についての要部断面図である。

【図 3】

本発明の実施例の半導体発光素子についての計算の基礎になる結晶成長層のモデルを示す斜視図である。

【図 4】

本発明の実施例の半導体発光素子についての計算における角度依存性を計算するためのモデルを示す図である。

【図 5】

前記計算の結果としての光取り出し効率の角度依存性を示す図である。

【図 6】

本発明の実施例の半導体発光素子についての計算における高さ依存性を計算するためのモデルを示す図である。

【図 7】

前記計算の結果としての光取り出し効率の高さ依存性を示す図である。

【図 8】

本発明の実施例 2 のストライプ状の結晶成長層を形成した半導体発光素子の構造を示す斜視図である。

【図 9】

本発明の実施例 3 の長方台状の結晶成長層を形成した半導体発光素子の構造を示す斜視図である。

【図 1 0】

本発明の実施例 4 の四角錐台状の結晶成長層を形成した半導体発光素子の構造を示す斜視図である。

【図 1 1】

本発明の実施例 5 の六角錐状の結晶成長層を形成した半導体発光素子の構造を示す斜視図である。

【図 1 2】

本発明の実施例 6 の六角錐台状の結晶成長層を形成した半導体発光素子の構造を示す斜視図である。

【図 1 3】

本発明の実施例 7 の六角錐状の結晶成長層と四角錐台状の結晶成長層を形成した半導体発光素子の構造を示す斜視図である。

【図 1 4】

本発明の実施例 8 の半導体発光素子の製造工程における下地成長層の形成工程を示す製造工程斜視図である。

【図 1 5】

本発明の実施例 8 の半導体発光素子の製造工程における窓領域の形成工程を示す製造工程斜視図である。

【図 1 6】

本発明の実施例 8 の半導体発光素子の製造工程における結晶成長層の形成工程を示す製造工程斜視図である。

【図 1 7】

本発明の実施例 8 の半導体発光素子の製造工程における第 2 導電層の形成工程を示す製造工程斜視図である。

【図 1 8】

本発明の実施例 8 の半導体発光素子の製造工程におけるコンタクト領域の形成工程を示す製造工程斜視図である。

【図 1 9】

本発明の実施例 8 の半導体発光素子の製造工程における電極の形成工程を示す製造工程斜視図である。

【図 2 0】

本発明の実施例 9 の半導体発光素子の断面図である。

【図 2 1】

従来の半導体発光素子の構造例を示す断面図である。

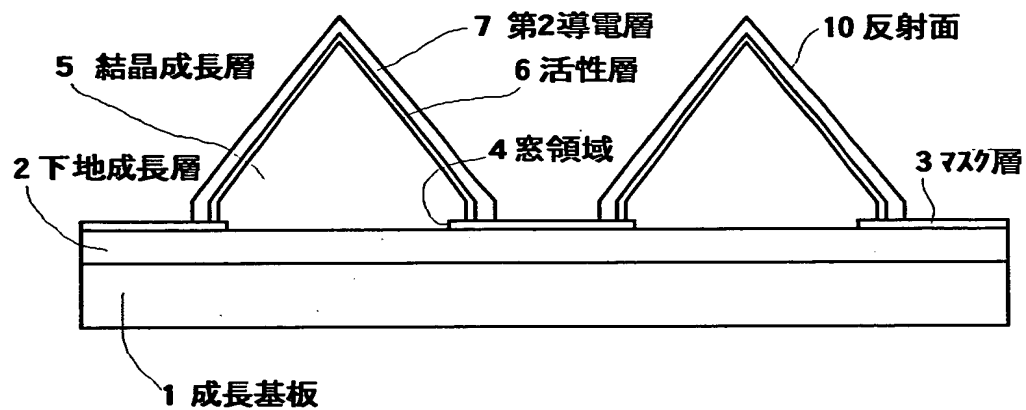
【符号の説明】

1、20、30、40、50、60、70 成長基板

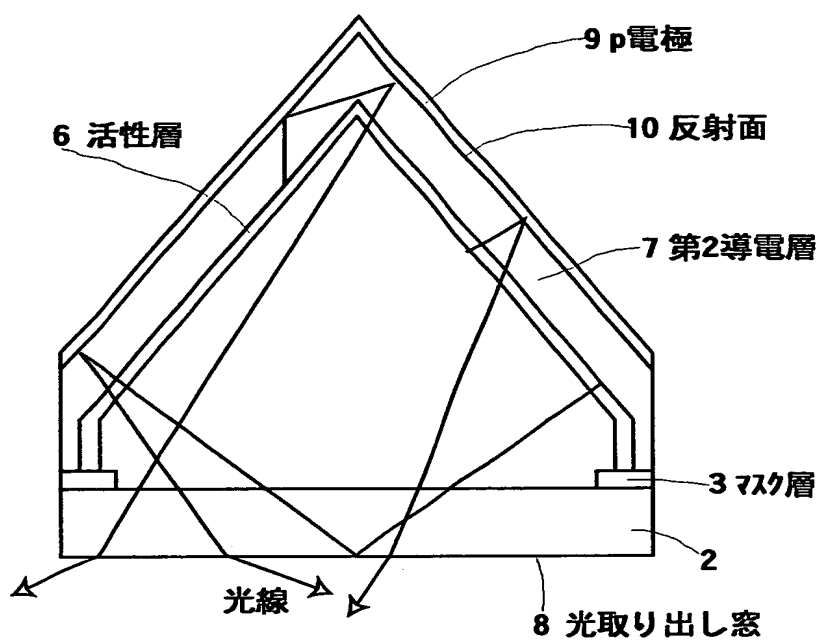
- 2、2 1、3 1、4 1、5 1、 6 1 下地成長層
- 3 2 2、3 2、4 2、5 2、6 2、7 2 マスク層
- 4 窓領域
- 5 結晶成長層
- 6 活性層
- 7 第 2 導電層
- 1 0 反射面
- 7 5 I n G a N 層 (活性層)

【書類名】 図面

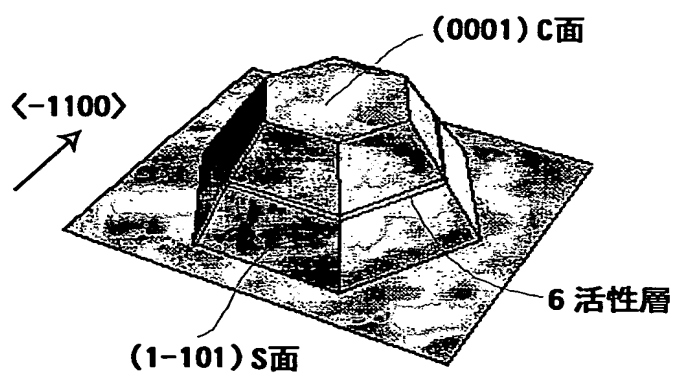
【図 1】



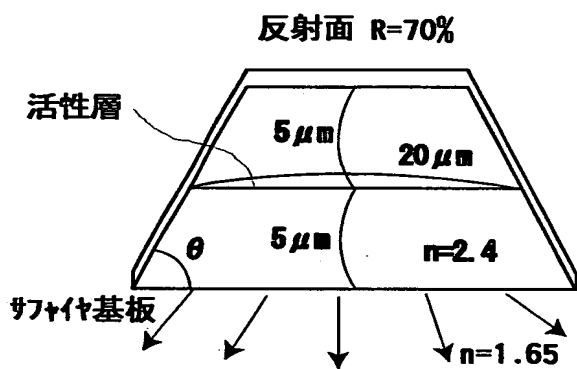
【図 2】



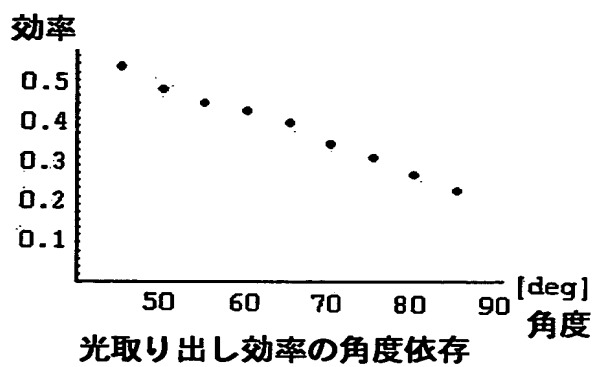
【図3】



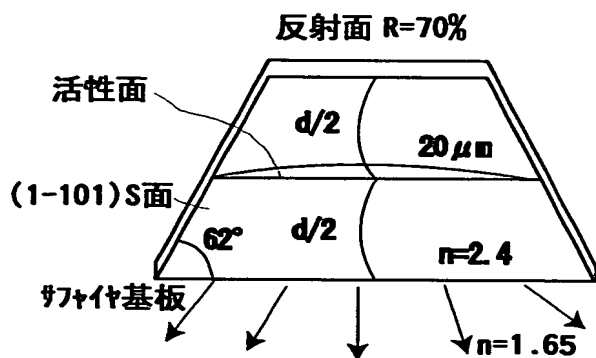
【図4】



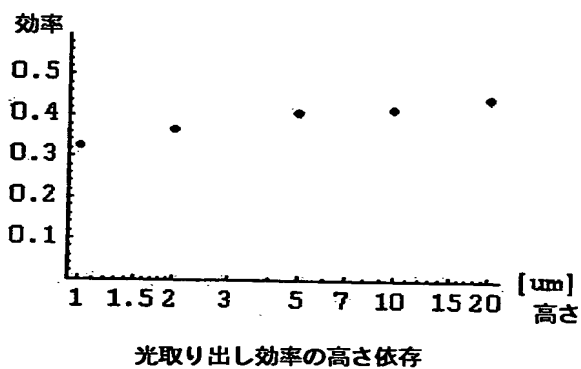
【図5】



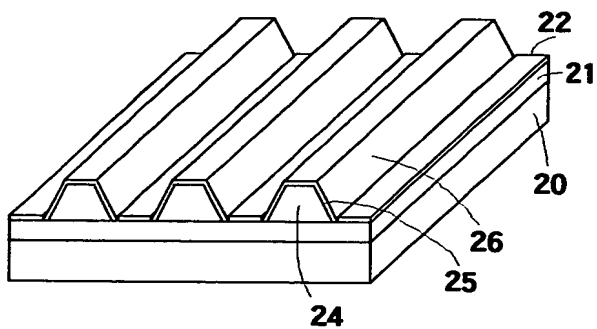
【図 6】



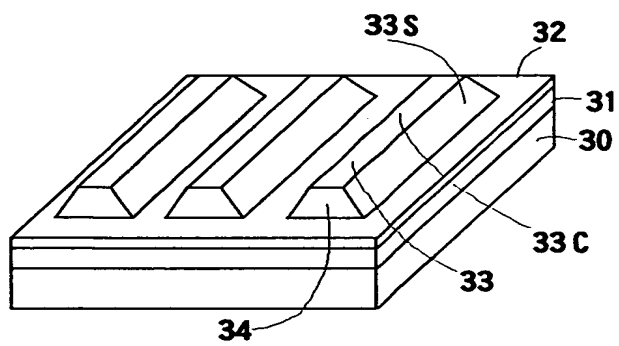
【図 7】



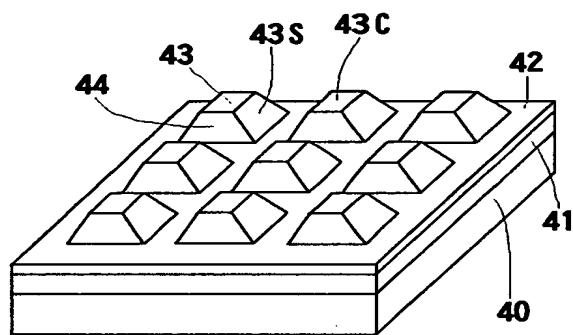
【図 8】



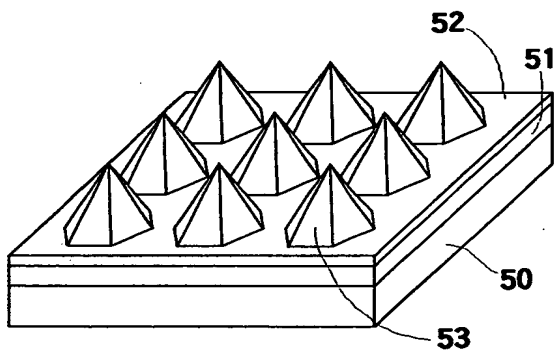
【図 9】



【図 1 0】

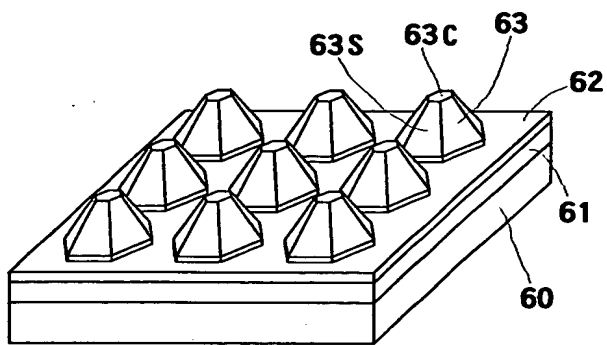


【図 1 1】

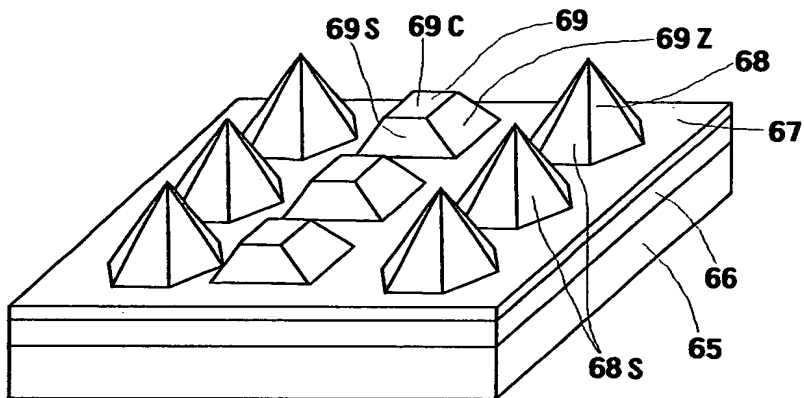




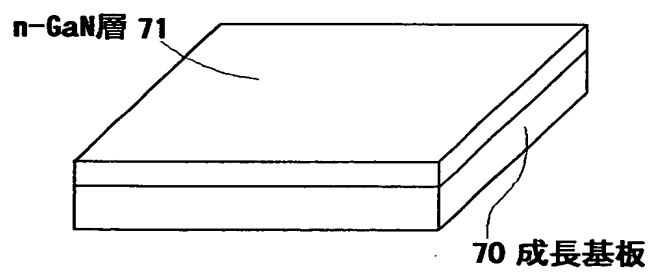
【図 12】



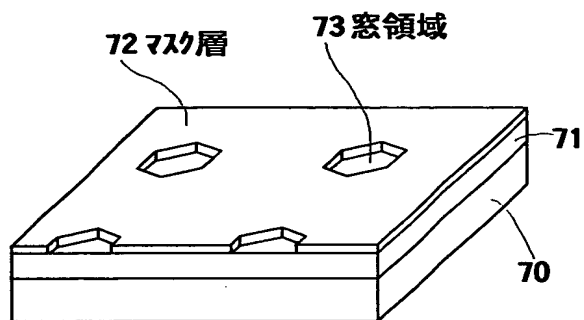
【図 13】



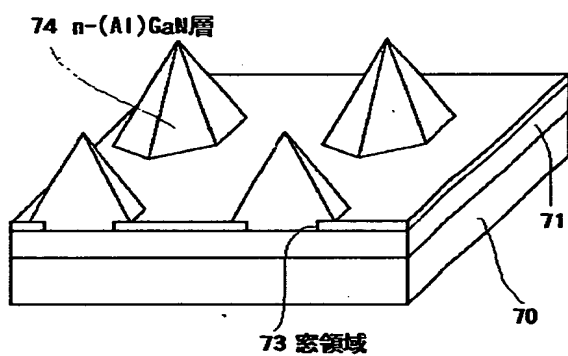
【図 14】



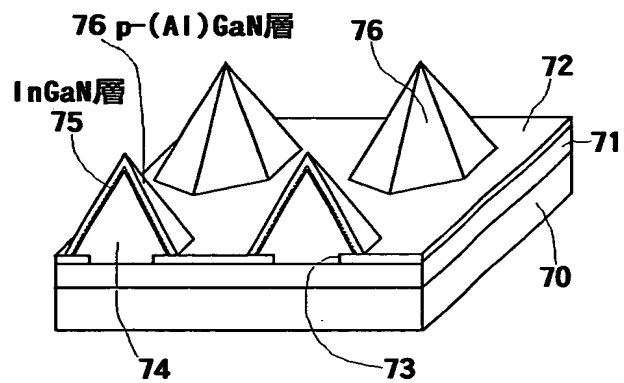
【図 15】



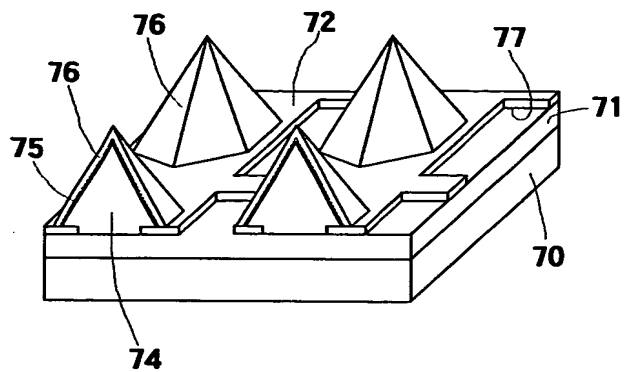
【図 16】



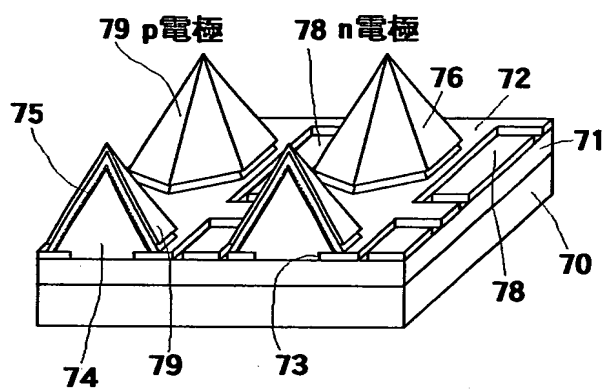
【図 17】



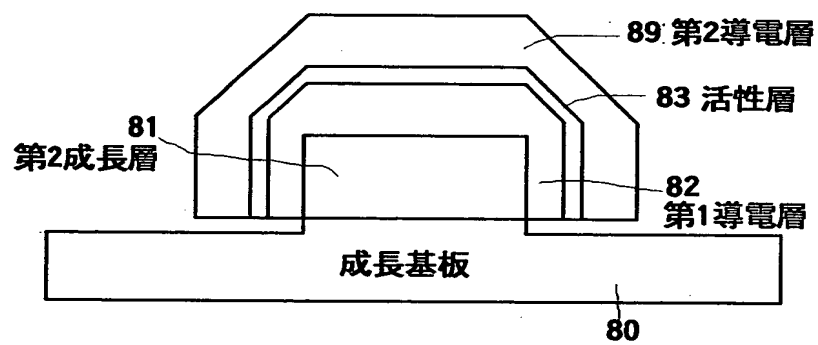
【図18】



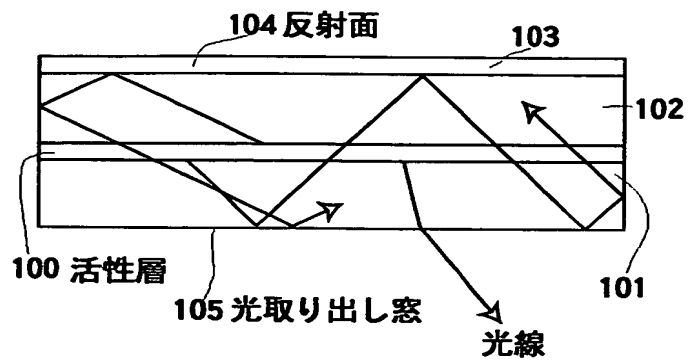
【図19】



【図20】



【図 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光を効率よく外部に取り出すための形状を微細な領域に良好な結晶性を以って形成可能とし、光取り出し効率を改善して輝度の高い半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 選択成長により形成され成長基板の基板主面に対して傾斜してなる傾斜結晶面を有する結晶成長層と、前記結晶成長層に形成され所要の電流が注入されて光を発生させる活性層とを有する半導体発光素子を形成し、前記活性層から素子外に出力される光の一部は前記傾斜結晶面に平行に延在された反射面で反射したものとさせる。素子外に出力される光の一部は傾斜した反射面で反射するため、光取り出し効率を高めることができ、反射面は選択成長を基礎にするために自己形成可能である。

【選択図】 図 1

特2000-217508

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社